

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(інститут)

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ

(факультет)

Кафедра ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Долінського Романа Олеговича

(ПІБ)

академічної групи 141-19ск-1

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-

професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Вибір основного обладнання і розрахунок електричної частини фотоелектричної станції потужністю 1 МВт

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Кириченко М.С			
Розділів:				
Технологічний	Кириченко М.С			
Спеціальний	Кириченко М.С			
Економічний	Тимошенко Л.В			
Охорона праці	Столбченко О.В			
Рецензент				
Нормоконтролер	Олішевський Г.С			

Дніпро  
2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

(повна назва)

Папайка Ю.А.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » Червня 2022 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню бакалавра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Долінському Роману Олеговичу академічної групи 141-19ск-1  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації<sup>1</sup> \_\_\_\_\_

за освітньо-  
професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему Вибір основного обладнання і розрахунок електричної частини фотоелектричної станції потужністю 1 МВт

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.04.2022 № 217-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ	Виконати аналіз електротехнічного обладнання необхідного до встановлення на сонячній електростанції.	03.05.2022
Технологічний	Характеристики об'єкту розробки, визначити основне електротехнічне обладнання.	10.05.2022
Спеціальний	Виконати розрахунок основного електрообладнання	23.05.2022
Охорона праці	Розробка інженерно-технічних заходів з охорони праці при експлуатації об'єкту.	03.06.2022
Економічний	Визначити техніко-економічні показники проекту: капітальні та експлуатаційні витрати	12.06.2022

Завдання видано \_\_\_\_\_ Кириченко М.С.  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі 26.04.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії 21.06.2022

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Долінський Р.О.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 78 с, 9 рис, 14 табл, 1 додаток, 12 джерел.

СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ, КОМПЛЕКТНА ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ІНВЕРТОР.

Мета кваліфікаційної роботи: вибір основного обладнання і розрахунок електричної частини фотоелектричної станції потужністю 1 МВт.

У Вступній частині було описано загальні відомості про фотоелектричну станцію, окремі її елементи, актуальність обраної теми.

У Технологічному розділі описано стан і перспективи розвитку сонячної енергетики, наведено коротку характеристику об'єкта проектування.

В Спеціальному розділі було проведені розрахунки та обрано основне електричне обладнання для мережевої фотоелектричної станції 1 МВт, виконано розрахунок струмів КЗ на ділянках 0,4 та 10 кВ.

В розділі Охорона праці проведено аналіз небезпечних та шкідливих чинників, описано заходи з пожежної безпеки.

В Економічному розділі було проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності проекту, розраховано капітальні та експлуатаційні витрати.

## ЗМІСТ

Список умовних скорочень .....	6
Вступ .....	7
Розділ 1 – Технологічний розділ.....	10
1.1 Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики.....	11
1.2 Коротка характеристика об'єкта проектування.....	16
Розділ 2 – Спеціальний розділ.....	19
2.1 Розрахунок приведених експлуатаційних параметрів ФЕМ .....	20
2.2 Вибір кількості та параметрів інверторного обладнання для покриття потужності ФЕС.....	23
2.3 Розрахунок параметрів та схеми з'єднань стрінгів ФЕМ для підключення до інверторів .....	24
2.3.1 Максимальний струм в колі .....	24
2.3.2 Максимальна напруга в колі .....	25
2.3.3 Розрахунок мінімальної кількості модулів в ланцюгу .....	26
2.3.4 Визначення оптимальної кількості модулів в ланцюгу з врахуванням МРРТ трекера інвертора .....	27
2.3.5 Перевірка сумарної кількості сонячних модулів з врахуванням номінальної потужності інвертора .....	28
2.3.6 Визначення конструктивних параметрів «стола» .....	29
2.3.7 Визначення місця розташування інвертора .....	29
2.4 Вибір кабельних ліній в мережі постійного струму .....	30
2.5 Визначення сумарних втрат потужності постійного струму...31	
2.5.1 Визначення загальної кількості фотоелектричних модулів...31	
2.6 Вибір параметрів кабельних ліній напругою 0,4 кВ.....	34
2.7 Розрахунок струмів КЗ в мережах 0.4-10 кВ .....	35
2.8 Вибір параметрів комутаційної захисної апаратури 0,4 кВ.....	45
2.9 Вибір параметрів кабельних ліній 10 кВ.....	33

2.10 Розрахунок продуктивності СЕС.....	48
Розділ 3 – Охорона праці.....	51
3.1 Аналіз небезпечних та шкідливих чинників.....	51
3.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	52
3.3 Пожежна безпека.....	54
3.4 Розрахунок захисного заземлення.....	56
Розділ 4 – Економічний розділ.....	61
4.1 Вступ.....	62
4.2 Розрахунок капітальних витрат .....	62
4.3 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	66
4.4 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	69
4.5 Єдиний соціальний внесок.....	71
4.6 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт .....	71
4.7 Розрахунок вартості спожитої електроенергії .....	72
4.8 Визначення інших витрат.....	74
Висновок.....	74
Висновки .....	75
Перелік посилань.....	76
Додаток А.....	75

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СЕС – сонячна електростанція;

ФЕС – фотоелектрична станція;

ФЕМ – фотоелектричний модуль;

ВДЕ – відновлювані джерела енергії;

ВН – висока напруга;

НН – низька напруга;

ДБН – державні будівельні норми;

ДСТУ – державний стандарт України;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КЛ – кабельна лінія;

КТП – комплектна трансформаторна підстанція;

ОПН – обмежувач перенапруги;

ПС – підстанція;

РП – розподільчий пункт;

ТМГ – трифазний масляний герметичний трансформатор.

## ВСТУП

Енергія сонця є практично невичерпним джерелом енергії, яке доступне в кожній точці нашої планети. Потенційні можливості енергетики, засновані на використанні безпосередньо сонячного випромінювання, надзвичайно великі. В даний час для теплопостачання та вироблення електричної енергії витрачаються органічні види палива. Використання викопних палив пов'язане з виникненням ряду проблем: постійним зростанням цін, залежністю від імпорту енергоносіїв, високими експлуатаційними витратами на обладнання, забрудненням навколишнього середовища. Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення вказаної проблеми є використання ВДЕ, у світі цьому питанню давно приділяється багато уваги.

Зниження впливу енергетики на навколишнє середовище і зобов'язання, які взяла Україна в цьому напрямі, обумовлюють потребу у додаткових обсягах інвестицій. Пріоритетом є реалізація комплексу заходів з енергоефективності, енергозбереження та розширення використання альтернативної енергетики.

Україна має достатньо високий потенціал сонячної енергії для широкого впровадження фотоелектричного обладнання майже на всій території. Взагалі територія України є зоною середньої інтенсивності сонячної радіації. Сонячне випромінювання в Україні становить 3500 - 5200 МДж /м<sup>2</sup> на рік . У той же час в нашій країні більше сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС, це робить її дуже привабливою в інвестиційному плані.

Принцип роботи СЕС відбувається в такій послідовності: сонячні промені потрапляють на фотоелектричний модуль, за рахунок руху електронів в напівпровідниках на основі кремнію сонячна енергія перетворюється в електричну. Сонячні модулі виготовляються на основі кристалічного кремнію або монокристалів, у останніх термін служби є значно вищим і відсоток вироблення в залежності від терміну служби набагато вище. Кількість електроенергії, яку можуть забезпечити сонячні модулі, залежить від різних чинників, в тому числі від їх ефективності, розміру і місцевого рівня сонячного випромінювання.

## ВИСНОВКИ

Сонячна енергетика на сьогодні є одним з найпопулярніших видів екологічного генерування енергії. Перевага таких станцій в тому, що сонячні панелі можуть бути встановлені не тільки на полях, але й на дахах будинків. Є можливість не тільки споживати електричну енергії для власних потреб, але й продавати її державі за «зеленим тарифом».

На сьогоднішній день, коли в світовій економіці відзначається істотний спад, галузь сонячної енергетики є однією з небагатьох, хто звітує про динаміку зростання.

При проектуванні фотоелектричної станції потужністю 1 МВт було враховано всі основні умови для її максимально ефективної експлуатації. Географічно було обрано розташування Київська область, рівень сонячної інсоляції для цього регіону поступається тільки північним областям.

Головним елементом сонячної станції було обрано потужні панелі виробника Ulica Solar моделі MONO HALF-CUT MODULE UL-540 Вт, які послідовно з'єднуються в стрінги. Для перетворення з постійного в змінний струм було обрано інвертор АВВ PVS-100-TL-SX-FULL 100kWac, який приєднується до панелей через MPPT вхід проводом 6мм<sup>2</sup>.

З інвертора по кабелям перерізом 50мм<sup>2</sup> напруга передається до підвищувального трансформатора встановленого в КПП з нього вже напруга передається в мережу.

Фотоелектричну станцію побудовано згідно усім нормам і ДСТУ, проведені економічні розрахунки, та заходи з охорони праці.

Для більш детального ознайомлення з матеріалами кваліфікаційної роботи звертайтеся до заступника завідуючого кафедри електроенергетики проф. Луценко І.М.

Електронна адреса [lutsenko.i.m@nmu.one](mailto:lutsenko.i.m@nmu.one)